

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-110150

(P2003-110150A)

(43)公開日 平成15年4月11日(2003.4.11)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	N 4 H 0 0 1
C 0 9 K 11/08		C 0 9 K 11/08	C 5 F 0 4 1
11/59	C P M	11/59	J
	C P R		C P M
			C P R

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-305031(P2001-305031)

(22)出願日 平成13年10月1日(2001.10.1)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 前田 俊秀

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 大塩 祥三

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

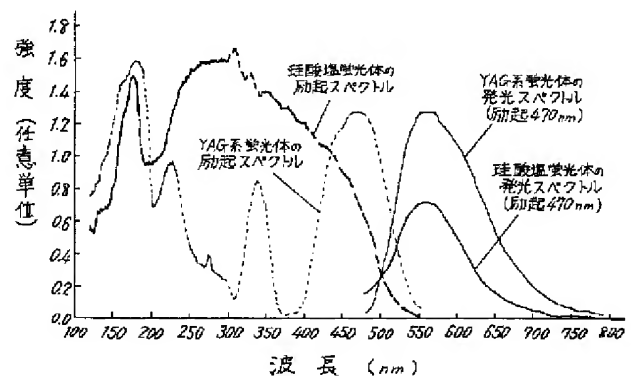
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体発光素子とこれを用いた発光装置

## (57)【要約】

【課題】 近紫外LEDと蛍光体層とを組み合わせる、高光束の白色系光を放つ半導体発光素子および半導体発光装置を提供する。

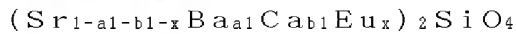
【解決手段】 近紫外LEDと、この近紫外LEDが放つ350～410nm付近の近紫外光を吸収して400nm以上500nm未満の波長領域に発光ピークを有する青色系蛍光体と550nm以上600nm未満の波長領域に発光ピークを有する黄色系蛍光体を含む蛍光体層とを組み合わせることにより、高光束の白色系光を放つ半導体発光素子を得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

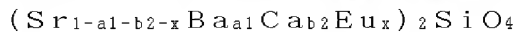
【請求項1】 350nmを超え410nm以下の波長領域に発光ピークを有する発光を放つ近紫外発光ダイオードと、前記近紫外発光ダイオードが放つ近紫外光を吸収して、380nm以上780nm以下の可視波長領域に発光ピークを有する蛍光を放つ複数の蛍光体を含む蛍光体層とを組み合わせ、CIE色度図における発光色度点(x, y)が、 $0.21 \leq x \leq 0.48$ 、 $0.19 \leq y \leq 0.45$ の範囲にある白色系光を放つ半導体発光素子であって、前記蛍光体層が、波長380nmおよびその付近の波長領域の近紫外光照射の下で、550nm以上600nm未満の波長領域に発光ピークを有する黄色系の蛍光を放つ黄色系蛍光体と400nm以上500nm未満の波長領域に発光ピークを有する青色系の蛍光を放つ青色系蛍光体の二種類の蛍光体を含むことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 前記黄色系蛍光体が、下記の化学式で表される化合物を主体にしてなる珪酸塩蛍光体である請求項1記載の半導体発光素子。



ただし、a1、b1、xは、各々、 $0 \leq a1 \leq 0.3$ 、 $0 \leq b1 \leq 0.8$ 、 $0 < x < 1$ を満足する数値である。

【請求項3】 前記珪酸塩蛍光体が、斜方晶の結晶構造を有し下記の化学式で表される化合物を主体にしてなる珪酸塩蛍光体である請求項2記載の半導体発光素子。



ただし、a1、b2、xは、各々、 $0 \leq a1 \leq 0.3$ 、 $0 \leq b2 \leq 0.6$ 、 $0 < x < 1$ を満足する数値である。

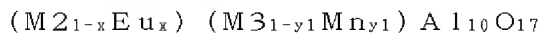
【請求項4】 前記青色系蛍光体が、下記の(1)または(2)のいずれかの青色系蛍光体である請求項1～3のいずれかに記載の半導体発光素子。

(1) 下記の化学式で表される化合物を主体にしてなるハロリン酸塩蛍光体



ただし、M1は、Ba、Sr、Ca、Mgから選ばれる少なくとも一つのアルカリ土類金属元素、xは、 $0 < x < 1$ を満足する数値である。

(2) 下記の化学式で表される化合物を主体にしてなるアルミン酸塩蛍光体



ただし、M2は、Ba、Sr、Caから選ばれる少なくとも一つのアルカリ土類金属元素、M3は、Mg、Znから選ばれる少なくとも一つの元素、x、y1は、各々、 $0 < x < 1$ 、 $0 \leq y1 < 0.05$ を満足する数値である。

【請求項5】 前記近紫外発光ダイオードが、窒化ガリウム系化合物半導体で構成した発光層を有する近紫外発光ダイオードである請求項1～4のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項6】 請求項1～5のいずれかに記載の半導体

発光素子を用いて構成したことを特徴とする半導体発光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、近紫外発光ダイオード（以後、近紫外LEDという）と複数の蛍光体とを組み合わせる白色系光を放つ半導体発光素子と、この半導体発光素子を用いて構成した半導体発光装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来から、350nmを超え410nm以下の近紫外の波長領域に発光ピークを有する近紫外LED（厳密には近紫外LEDチップ）と、この近紫外LEDが放つ近紫外光を吸収して、380nm以上780nm以下の可視波長範囲内に発光ピークを有する蛍光を放つ無機蛍光体を含む蛍光体層とを組み合わせる、白色系光を放つ半導体発光素子が知られている。無機蛍光体を用いる上記半導体発光素子は、有機蛍光体を用いる半導体発光素子よりも耐久性の面で優れるため、広く用いられている。

【0003】なお、本明細書では、CIE色度図における発光色度点(x, y)が、 $0.21 \leq x \leq 0.48$ 、 $0.19 \leq y \leq 0.45$ の範囲内にある光を白色系光と定義している。

【0004】このような半導体発光素子としては、例えば、特開平11-246857号公報、特開2000-183408号公報、特表2000-509912号公報、特開2001-143869号公報などに開示される半導体発光素子がある。

【0005】特開平11-246857号公報には、一般式 $(La_{1-x-y}Eu_xSm_y)_2O_2S$ （ただし、 $0.01 \leq x \leq 0.15$ 、 $0.0001 \leq y \leq 0.03$ ）で表される酸硫化ランタン蛍光体を赤色蛍光体とし、窒化ガリウム系化合物半導体で構成した発光層を有し、波長370nm前後の光を放つ近紫外LEDと組み合わせる半導体発光素子が記載されている。また、特開平11-246857号公報には、前記赤色蛍光体と、他の青色、緑色蛍光体とを適正に組み合わせることにより、任意の色温度を有する白色光を放つ半導体発光素子に関する発明が開示されている。

【0006】特開2000-183408号公報には、窒化ガリウム系化合物半導体で構成した発光層を有し、370nm付近に発光ピークを有する紫外光を放つ紫外LEDチップと、前記紫外光を吸収して青色光を発光する青色蛍光体を含む第1の蛍光体層と、前記青色光を吸収して黄橙色光を発光する黄橙色蛍光体を含む第2の蛍光体層とを具備する半導体発光素子が記載されている。ここで青色蛍光体としては、下記の(1)～(3)から選ばれる少なくとも1種からなる青色蛍光体を用いられている。

10

20

30

40

50

(1) 一般式  $(M1, Eu)_{10}(PO_4)_6Cl_2$  (式中、M1はMg、Ca、SrおよびBaから選ばれる少なくとも一つの元素を表す) で実質的に表される2価のユーロピウム付活ハロ燐酸塩蛍光体。

(2) 一般式  $a(M2, Eu)O \cdot bAl_2O_3$  (式中、M2はMg、Ca、Sr、Ba、Zn、Li、RbおよびCsから選ばれる少なくとも一つの元素を示し、aおよびbは $a > 0$ 、 $b > 0$ 、 $0.2 \leq a/b \leq 1.5$ を満足する数値である) で実質的に表される2価のユーロピウム付活アルミン酸塩蛍光体。

(3) 一般式  $a(M2, Eu_v, Mn_w)O \cdot bAl_2O_3$  (式中、M2はMg、Ca、Sr、Ba、Zn、Li、RbおよびCsから選ばれる少なくとも一つの元素を示し、a、b、vおよびwは $a > 0$ 、 $b > 0$ 、 $0.2 \leq a/b \leq 1.5$ 、 $0.001 \leq w/v \leq 0.6$ を満足する数値である) で実質的に表される2価のユーロピウムおよびマンガン付活アルミン酸塩蛍光体。

【0007】また、黄橙色蛍光体としては、一般式  $(Y_{1-x-y}Gd_xCe_y)_3Al_5O_{12}$  (式中、xおよびyは $0.1 \leq x \leq 0.55$ 、 $0.01 \leq y \leq 0.4$ を満足する数。) で実質的に表される3価のセリウム付活アルミン酸塩蛍光体 (以後、YAG系蛍光体という) が用いられている。

【0008】また、特表2000-509912号公報には、300nm以上370nm以下の波長領域に発光ピークを有する紫外LEDと、430nm以上490nm以下の波長領域に発光ピークを有する青色蛍光体と、520nm以上570nm以下の波長領域に発光ピークを有する緑色蛍光体と、590nm以上630nm以下の波長領域に発光ピークを有する赤色蛍光体とを組み合わせる半導体発光素子が開示されている。この半導体発光素子では、青色蛍光体として、 $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$ 、 $Sr_5(PO_4)_3Cl:Eu$ 、 $ZnS:Ag$  (いずれも発光ピーク波長は450nm) が、緑色蛍光体として、 $ZnS:Cu$  (発光ピーク波長550nm) や  $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$ 、 $Mn$  (発光ピーク波長515nm) が、赤色蛍光体としては、 $Y_2O_2S:Eu^{3+}$  (発光ピーク波長628nm)、 $YVO_4:Eu^{3+}$  (発光ピーク波長620nm)、 $Y(V, P, B)O_4:Eu^{3+}$  (発光ピーク波長615nm)、 $YNbO_4:Eu^{3+}$  (発光ピーク波長615nm)、 $YTbO_4:Eu^{3+}$  (発光ピーク波長615nm)、 $[Eu(acac)_3(phen)]$  (発光ピーク波長611nm) が用いられている。

【0009】一方、特開2001-143869号公報には、有機材料を発光層とし、430nm以下の青紫～近紫外の波長範囲に発光ピークを有する有機LED、または、無機材料を発光層とし、上記青紫～近紫外の波長範囲に発光ピークを有する無機LEDと、青色蛍光体、緑色蛍光体および赤色蛍光体を組み合わせてなる半導体

10

20

30

40

50

発光素子が記載されている。この半導体発光素子では、青色蛍光体としては、 $Sr_2P_2O_7:Sn^{4+}$ 、 $Sr_4Al_{14}O_{25}:Eu^{2+}$ 、 $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$ 、 $SrGa_2S_4:Ce^{3+}$ 、 $CaGa_2S_4:Ce^{3+}$ 、 $(Ba, Sr)(Mg, Mn)Al_{10}O_{17}:Eu^{2+}$ 、 $(Sr, Ca, Ba, Mg)_{10}(PO_4)_6Cl_2:Eu^{2+}$ 、 $BaAl_2SiO_8:Eu^{2+}$ 、 $Sr_2P_2O_7:Eu^{2+}$ 、 $Sr_5(PO_4)_3Cl:Eu^{2+}$ 、 $(Sr, Ca, Ba)_5(PO_4)_3Cl:Eu^{2+}$ 、 $BaMg_2Al_{16}O_{27}:Eu^{2+}$ 、 $(Ba, Ca)_5(PO_4)_3Cl:Eu^{2+}$ 、 $Ba_3MgSi_2O_8:Eu^{2+}$ 、 $Sr_3MgSi_2O_8:Eu^{2+}$  が用いられ、緑色蛍光体としては、 $(BaMg)Al_{16}O_{27}:Eu^{2+}$ 、 $Mn^{2+}$ 、 $Sr_4Al_{14}O_{25}:Eu^{2+}$ 、 $(SrBa)Al_2Si_2O_8:Eu^{2+}$ 、 $(BaMg)_2SiO_4:Eu^{2+}$ 、 $Y_2SiO_5:Ce^{3+}$ 、 $Tb^{3+}$ 、 $Sr_2P_2O_7-Sr_2B_2O_7:Eu^{2+}$ 、 $(BaCaMg)_5(PO_4)_3Cl:Eu^{2+}$ 、 $Sr_2Si_3O_8-2SrCl_2:Eu^{2+}$ 、 $Zr_2SiO_4-MgAl_{11}O_{19}:Ce^{3+}$ 、 $Tb^{3+}$ 、 $Ba_2SiO_4:Eu^{2+}$ 、 $Sr_2SiO_4:Eu^{2+}$ 、 $(BaSr)SiO_4:Eu^{2+}$  が用いられ、赤色蛍光体としては、 $Y_2O_2S:Eu^{3+}$ 、 $YAlO_3:Eu^{3+}$ 、 $Ca_2Y_2(SiO_4)_6:Eu^{3+}$ 、 $LiY_9(SiO_4)_6O_2:Eu^{3+}$ 、 $YVO_4:Eu^{3+}$ 、 $CaS:Eu^{2+}$ 、 $Gd_2O_3:Eu^{3+}$ 、 $Gd_2O_2S:Eu^{3+}$ 、 $Y(P, V)O_4:Eu^{3+}$  が用いられている。

【0010】このように、従来の白色系光を放つ半導体発光素子では、青色系蛍光体と緑色系蛍光体と赤色系蛍光体が放つ発光の混色、または、青色系蛍光体と黄色系蛍光体が放つ発光の混色によって白色系光が得られている。

【0011】なお、青色系蛍光体と黄色系蛍光体が放つ発光の混色によって白色系光を得る方式の従来の半導体発光素子では、黄色系蛍光体として、上記YAG系蛍光体が用いられている。また、上記YAG系蛍光体が、350nmを超え410nm以下の波長領域、特に窒化ガリウム系化合物半導体で構成した発光層を有する近紫外LEDが放つ360nm以上410nm以下の近紫外光の励起によってほとんど発光せず、410nm以上530nm以下の青色系光の励起下で黄色光を高効率で放つ蛍光体であるために、YAG系蛍光体を用いた従来の半導体発光素子では、青色系蛍光体を必須とし、この青色系蛍光体が放つ青色光によって黄色系蛍光体を励起して白色系光を得ている。

【0012】このような白色系光を放つ半導体発光素子は、照明装置や表示装置などの発光装置用として需要の多い半導体発光素子として知られるものである。

【0013】一方、YAG系蛍光体以外の無機化合物蛍光体をLEDと組み合わせた半導体発光素子も従来公知である。前述した特開2001-143869号公報には、 $Ba_2SiO_4:Eu^{2+}$ 、 $Sr_2SiO_4:Eu^{2+}$ 、M

$\text{g}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ 、 $(\text{BaSr})_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ 、 $(\text{BaMg})_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ 珪酸塩蛍光体を用いた半導体発光素子が記載されている。

【0014】しかしながら、この特開2001-143869号公報に記載の半導体発光素子では、いずれの珪酸塩蛍光体も緑色系蛍光体としての応用であり、黄色系蛍光体としての応用ではない。また、無機化合物からなる無機LEDよりも有機LEDを用いることが発光効率の点から好ましいともされている。すなわち、この公開公報に記載の発明は、近紫外LED、好ましくは有機LEDと、青色系、緑色系、赤色系蛍光体の3種類の無機化合物の蛍光体とを組み合わせる半導体発光素子に関するものである。

【0015】なお、本発明者らの実験の限りでは、この特開2001-143869号公報に記載される $\text{Sr}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ 珪酸塩蛍光体は、二つの結晶相(斜方晶と単斜晶)を持ち得る蛍光体であり、少なくとも実用的に用いられる $\text{Eu}^{2+}$ 発光中心添加量(=Eu原子の数/(Sr原子の数+Eu原子の数):x)が、 $0.01 \leq x \leq 0.05$ の範囲内では、斜方晶 $\text{Sr}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ( $\alpha'-\text{Sr}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ )は、波長560~575nm付近に発光ピークを有する黄色光を放つ黄色系蛍光体であり、単斜晶 $\text{Sr}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ ( $\beta-\text{Sr}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ )は、波長545nm付近に発光ピークを有する緑色光を放つ緑色系蛍光体である。したがって、特開2001-143869号公報に記載の $\text{Sr}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ 緑色蛍光体は、単斜晶 $\text{Sr}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$ 蛍光体と見なすことができる。

【0016】ここで、前記珪酸塩蛍光体について説明すると、従来から、 $(\text{Sr}_{1-a_3-b_3-x}\text{Ba}_{a_3}\text{Ca}_{b_3}\text{Eu}_x)_2\text{SiO}_4$ の化学式で表される珪酸塩蛍光体(ただし、 $a_3$ 、 $b_3$ 、 $x$ は、各々、 $0 \leq a_3 \leq 1$ 、 $0 \leq b_3 \leq 1$ 、 $0 < x < 1$ を満足する数値)が知られている。上記珪酸塩蛍光体は、蛍光ランプ用の蛍光体として検討がなされた蛍光体であり、 $\text{Ba}-\text{Sr}-\text{Ca}$ の組成を変えることによって、発光のピーク波長が505nm以上598nm以下程度の範囲内で変化する蛍光体であることが知られている。さらに、170~350nmの範囲内の光照射の下で比較的高効率の発光を示す蛍光体であることも知られている(J. Electrochemical Soc. Vol. 115, No. 11 (1968) p. 1181-1184参照)。

【0017】しかしながら、上記文献には、上記珪酸塩蛍光体が、350nmを超える長い波長領域の、近紫外光励起条件下において高効率の発光を示すことに関する記載は無い。このため、上記珪酸塩蛍光体が、上記350nmを超え410nm以下の近紫外の波長領域、とりわけ窒化ガリウム系化合物半導体で構成した発光層を有する近紫外LEDが放つ370~390nm付近の近紫外光励起によって、高効率の、550nm以上600nm

m未満の黄色系発光を放つ蛍光体であることは、これまで知られていなかった。

【0018】近紫外LEDと複数の蛍光体を含む蛍光体層とを組み合わせる半導体発光素子を用いた従来の発光装置にあっては、青色系蛍光体と緑色系蛍光体と赤色系蛍光体が放つ発光の混色、または、青色系蛍光体が放つ青色光とこの青色系光を吸収してYAG系蛍光体が放つ黄色系光の混色によって白色系光を得る方式の半導体発光素子を用いて発光装置を構成していた。

【0019】なお、本明細書では、半導体発光素子を用いた各種表示装置(例えばLED情報表示端末、LED交通信号灯、自動車のLEDストップランプやLED方向指示灯など)や各種照明装置(LED屋内外照明灯、車内LED灯、LED非常灯、LED面発光源など)を広く発光装置と定義している。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】ところで、近紫外LEDと複数の蛍光体を含む蛍光体層とを組み合わせる従来の白色系半導体発光素子にあっては、半導体発光素子が放つ白色系光の光束が低かった。これは、350nmを超え410nm未満の近紫外光励起の下で、高い発光効率を示す蛍光体の開発がこれまで十分なされていないために、青色系蛍光体、緑色系蛍光体、赤色系蛍光体のすべてにおいて、白色系半導体発光素子用として使用し得る蛍光体の種類が少なく、比較的高い発光効率を示す青色系、緑色系、赤色系の各蛍光体が少数に限定されるだけでなく、白色系光の発光スペクトルの形状が限定されることに起因する。また、青色系、緑色系、赤色系の3種類の蛍光体が放つ光の混色、または、青色系蛍光体が放つ青色系光とこの青色系光を吸収して波長変換された黄色系光の混色によって白色系光を得ていることにも起因する。

【0021】本発明は、これらの問題を解決するためになされたものであり、近紫外LEDと蛍光体層とを組み合わせる、高光束の白色系光を放つ半導体発光素子および半導体発光装置を提供することを目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の請求項1に係る半導体発光素子は、350nmを超え410nm以下の波長領域に発光ピークを有する発光を放つ近紫外LEDと、前記近紫外LEDが放つ近紫外光を吸収して、380nm以上780nm以下の可視波長領域に発光ピークを有する発光を放つ複数の蛍光体を含む蛍光体層とを組み合わせ、CIE色度図における発光色度点(x, y)が、 $0.21 \leq x \leq 0.48$ 、 $0.19 \leq y \leq 0.45$ の範囲にある白色系光を放つ半導体発光素子であって、前記蛍光体層が、波長380nmおよびその付近の波長領域の近紫外光照射の下で、550nm以上600nm未満の波長領域に発光ピークを有する黄色系の発光を放つ黄色系蛍光体と400

nm以上500nm未満の波長領域に発光ピークを有する青色系の蛍光を放つ青色系蛍光体の二種類の蛍光体を含むことを特徴とする半導体発光素子である。

【0023】ここで、前記近紫外LEDは、紫外LEDを含む250nm以上410nm以下の波長領域に発光ピークを有する発光を放つLEDであれば特に限定されないが、入手の容易さ、製造の容易さ、コスト、発光強度などの観点から、好ましいLEDは300nm以上410nm以下の波長領域に発光ピークを有する発光を放つ近紫外LED、より好ましくは、350nmを超え410nm以下の波長領域に発光ピークを有する発光を放つ近紫外LED、さらに好ましくは350nmを超え400nm未満の波長領域に発光ピークを有する発光を放つ近紫外LEDである。

【0024】また、前記青色蛍光体は、好ましくは410nm以上480nm以下、さらに好ましくは420nm以上460nm以下の波長領域に発光ピークを有する青色系蛍光体であることが望ましく、また、前記黄色系蛍光体は、好ましくは570nm以上590nm以下、さらに好ましくは570nmを超え590nm未満の波長領域に発光ピークを有する黄色系蛍光体であることが望ましい。

【0025】このような蛍光体層にすると、上記の黄色系蛍光体と青色系蛍光体の両方が、近紫外LEDが放つ前記波長領域に発光ピークを有する近紫外光を吸収し、効率良く、各々黄色系光と青色系光に波長変換するので、半導体発光素子が、400nm以上500nm未満の青色系発光と、550nm以上600nm未満の黄色系発光の、2種類の光色を有する発光を高効率に放つようになり、この2種類の光色の混色によって、白色系光を放つようになる。

【0026】また、上記白色系光の演色性を高めるために、下記の化学式で表される化合物を主体にしてなる酸硫化物蛍光体などの赤色系蛍光体を配合してもよい。

【0027】 $(\text{Ln}_{1-x}\text{Eu}_x)\text{O}_2\text{S}$

ただし、Lnは、Sc、Y、La、Gdから選ばれる少なくとも一つの希土類元素、xは $0 < x < 1$ を満足する数値である。

【0028】本発明の請求項2に係る半導体発光素子は、請求項1の半導体発光素子において、黄色系蛍光体を好ましい態様にしたものであり、黄色系蛍光体を、下記の化学式で表される化合物を主体にしてなる珪酸塩蛍光体としたものである。

【0029】

$(\text{Sr}_{1-a1-b1-x}\text{Ba}_{a1}\text{Ca}_{b1}\text{Eu}_x)_2\text{SiO}_4$

ただし、a1、b1、xは、各々、 $0 \leq a1 \leq 0.3$ 、 $0 \leq b1 \leq 0.8$ 、 $0 < x < 1$ を満足する数値である。

【0030】ここで、前記化学式におけるa1、b1、xの数値は、蛍光体の熱に対する結晶の安定性、耐温度消光特性、黄色系発光の発光強度、および光色の観点か

ら好ましくは、各々、 $0 < a1 \leq 0.2$ 、 $0 \leq b1 \leq 0.7$ 、 $0.005 \leq x \leq 0.1$ 、さらに好ましくは、各々、 $0 < a1 \leq 0.15$ 、 $0 \leq b1 \leq 0.6$ 、 $0.1 \leq x \leq 0.05$ を満足する数値であることが望ましい。

【0031】なお、上記珪酸塩蛍光体は、図4に励起スペクトルと発光スペクトルの一例を示すように、250~300nm付近に励起ピークを有し、100~500nmの広い波長範囲内の光を吸収して、550~600nmの黄緑~黄~橙の波長領域に発光ピークを有する黄色系の蛍光を放つ黄色系蛍光体である。したがって、上記珪酸塩蛍光体は、YAG系蛍光体のように、近紫外光を青色光に変換する青色系蛍光体が無くとも、近紫外LEDが放つ近紫外光を照射すると比較的高効率の黄色系発光を放つことになるので、近紫外光の黄色系光への変換効率がYAG系蛍光体よりも実質的に高く、発光効率の面で好ましいものとなる。

【0032】なお、上記a1とb1が、いずれも0に近い場合には、斜方晶と単斜晶が混在した珪酸塩蛍光体になりやすくなり、上記数値範囲よりも大きい場合には結晶場が弱くなって、いずれの場合でも、緑味を帯びた蛍光体になって黄色の色純度が悪い発光になる。また、xが上記数値範囲よりも小さい場合には、 $\text{Eu}^{2+}$ 発光中心濃度が低いために珪酸塩蛍光体の発光強度が弱くなるし、大きい場合には、珪酸塩蛍光体の周囲温度の上昇とともに発光強度が低下する温度消光の問題が顕著になる。

【0033】本発明の請求項3に係る半導体発光素子は、請求項2の半導体発光素子において、珪酸塩蛍光体をさらに好ましい態様にしたものであり、珪酸塩蛍光体を、下記の化学式で表される化合物を主体にしてなり、かつ、斜方晶の結晶構造を有する珪酸塩蛍光体としたものである。

【0034】

$(\text{Sr}_{1-a1-b2-x}\text{Ba}_{a1}\text{Ca}_{b2}\text{Eu}_x)_2\text{SiO}_4$

ただし、a1、b2、xは、各々、 $0 \leq a1 \leq 0.3$ 、 $0 \leq b2 \leq 0.6$ 、 $0 < x < 1$ を満足する数値であり、請求項2の場合と同じ観点から、好ましくは、各々、 $0 < a1 \leq 0.2$ 、 $0 \leq b2 \leq 0.4$ 、 $0.005 \leq x \leq 0.1$ 、さらに好ましくは、各々、 $0 < a1 \leq 0.15$ 、 $0 \leq b2 \leq 0.3$ 、 $0.01 \leq x \leq 0.05$ を満足する数値であることが望ましい。

【0035】本発明の請求項4に係る半導体発光素子は、請求項1~3のいずれかの半導体発光素子にあって、青色系蛍光体を下記の(1)または(2)のいずれかの青色系蛍光体としたものである。

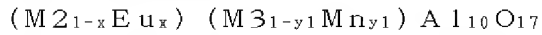
(1) 下記の化学式で表される化合物を主体にしてなるハロリン酸塩蛍光体

$(\text{M}_{1-x}\text{Eu}_x)_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$

ただし、M1は、Ba、Sr、Ca、Mgから選ばれる

少なくとも一つのアルカリ土類金属元素、 $x$ は、 $0 < x < 1$ を満足する数値である。

(2) 下記の化学式で表される化合物を主体にしてなるアルミン酸塩蛍光体



ただし、 $M2$ は、 $Ba$ 、 $Sr$ 、 $Ca$ から選ばれる少なくとも一つのアルカリ土類金属元素、 $M3$ は、 $Mg$ 、 $Zn$ から選ばれる少なくとも一つの元素、 $x$ 、 $y1$ は、各々、 $0 < x < 1$ 、 $0 \leq y1 < 0.05$ を満足する数値である。

【0036】上記の青色系蛍光体は、近紫外光の励起によって強い光を放つ高効率蛍光体であるので、このような蛍光体の組み合わせにすると、前記蛍光体層が発光強度の大きな白色系光を放つようになる。

【0037】本発明の請求項5に係る半導体発光素子は、請求項1～4のいずれかの半導体発光素子において、近紫外LEDを、窒化ガリウム系化合物半導体で構成した発光層を有する近紫外LEDとしたものである。

【0038】窒化ガリウム系化合物半導体で構成した発光層を有する近紫外LEDは、高い発光効率を示し、長期連続動作も可能であるので、このような近紫外LEDを用いることにより、長期連続動作が可能で、しかも、高光束の白色系光を放つ半導体発光素子が得られる。

【0039】本発明の請求項6に係る半導体発光装置は、上記の請求項1～5のいずれかに記載の半導体発光素子を用いて構成した半導体発光装置である。

【0040】本発明の請求項1～5に記載の半導体発光素子は、高光束白色系光を放つので、本発明に係る半導体発光素子を用いて発光装置を構成すると、高光束の白色系光を放つ半導体発光装置が得られる。ここで、半導体発光装置の具体例としては、LED情報表示端末、LED交通信号機、自動車のLEDストップランプ、LED方向指示灯などの各種表示装置や、LED屋内外照明灯、車内LED灯、LED非常灯、LED面発光源などの各種照明装置を挙げることができる。

【0041】なお、本発明における近紫外LEDに代えて、同じ波長領域に発光ピークを有する発光を主発光成分として放つ発光素子(半導体発光素子に限定されない)を用いても、同様の作用効果が得られ、同様の白色系発光素子が得られることはいうまでもない。

【0042】

【発明の実施の形態】(実施の形態1)以下、本発明の半導体発光素子の実施の形態を、図面を用いて説明する。図1～図3はそれぞれ形式の異なる半導体発光素子の縦断面図である。

【0043】半導体発光素子の代表的な例として、図1に、サブマウント素子5の上にフリップチップ型の近紫外LED1を導通搭載するとともに、青色系蛍光体粒子3と珪酸塩蛍光体の粒子を含む黄色系蛍光体粒子4を内在し蛍光体層2を兼ねる樹脂のパッケージによって、近

紫外LED1を封止した構造の半導体発光素子を示し、図2に、リードフレーム6のマウント・リードに設けたカップ7内に近紫外LED1を導通搭載するとともに、カップ7内に青色系蛍光体粒子3と珪酸塩蛍光体の粒子を含む黄色系蛍光体粒子4を内在した蛍光体層2を設け、全体を封止樹脂8で封止した構造の半導体発光素子を示し、図3に、筐体9内に近紫外LED1を配置するとともに、筐体9内に青色系蛍光体粒子3と珪酸塩蛍光体の粒子を含む黄色系蛍光体粒子4を内在する樹脂で形成した蛍光体層2を設けた構造のチップタイプの半導体発光素子を示している。

【0044】図1～図3において、近紫外LED1は、350nmを超え410nm以下、好ましくは350nmを超え400nm未満の波長領域に発光ピークを有する近紫外光を得るためのものであり、窒化ガリウム系化合物半導体、炭化シリコン系化合物半導体、セレン化亜鉛系化合物半導体、硫化亜鉛系化合物半導体などの無機化合物や、有機化合物で構成した発光層を有する光電変換素子(いわゆる、LED、無機エレクトロルミネッセンス(EL)素子、有機EL素子)である。

【0045】ここで、大きな近紫外光出力を長期間安定して得るためには、近紫外LED1は無機化合物で構成した無機LEDが好ましく、その中でも、窒化ガリウム系化合物半導体で構成した発光層を有する近紫外LEDが、発光強度が大きいのでより好ましい。

【0046】蛍光体層2は、近紫外LED1が放つ近紫外光を吸収して、CIE色度図における発光色度点( $x$ ,  $y$ )が、 $0.21 \leq x \leq 0.48$ 、 $0.19 \leq y \leq 0.45$ の範囲にある白色系光に変換するためのものであり、近紫外LED1が放つ近紫外光を吸収して400nm以上500nm未満の波長領域に発光ピークを有する青色系の蛍光を放つ青色系蛍光体粒子3と、近紫外LED1が放つ近紫外光、とりわけ波長380nm付近の近紫外光を吸収して550nm以上600nm未満の波長領域に発光ピークを有する黄色系の蛍光を放つ黄色系蛍光体粒子4を含む。

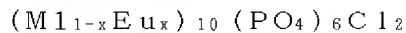
【0047】本発明の半導体発光素子にあっては、蛍光体層2は、青色系蛍光体粒子3と黄色系蛍光体粒子4を含む蛍光体を母材中に分散させて形成する。母材としては、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、ウリア樹脂、シリコン樹脂などの樹脂を用いることができ、入手と取り扱いが容易でしかも安価な点でエポキシ樹脂またはシリコン樹脂が好ましい。蛍光体層2の実質厚みは、10 $\mu$ m以上1mm以下、好ましくは100 $\mu$ m以上700 $\mu$ m以下である。

【0048】蛍光体層2中の青色系蛍光体粒子3は、近紫外LED1が放つ近紫外光を吸収して、400nm以上500nm未満の波長領域に発光ピークを有する青色系の蛍光を放つ蛍光体であれば、無機材料であっても有機材料(例えば蛍光色素)であっても使用することがで

## 11

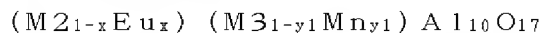
きるが、望ましくは、下記の(1)または(2)のいずれかの蛍光体とするのがよい。

(1) 以下の化学式で表される化合物を主体にしてなるハロ磷酸塩蛍光体



ただし、M1は、Ba、Sr、Ca、Mgから選ばれる少なくとも一つのアルカリ土類金属元素、xは、 $0 < x < 1$ を満足する数値である。

(2) 以下の化学式で表される化合物を主体にしてなるアルミン酸塩蛍光体

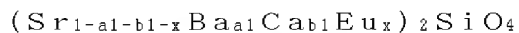


ただし、M2は、Ba、Sr、Caから選ばれる少なくとも一つのアルカリ土類金属元素、M3は、Mg、Znから選ばれる少なくとも一つの元素、x、yは、各々、 $0 < x < 1$ 、 $0 \leq y < 0.05$ を満足する数値である。

【0049】なお、上記望ましい青色系蛍光体の具体例としては、 $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$ 、 $(Ba, Sr)(Mg, Mn)Al_{10}O_{17}:Eu^{2+}$ 、 $(Sr, Ca, Ba, Mg)_{10}(PO_4)_6Cl_2:Eu^{2+}$ 、 $Sr_5(PO_4)_3Cl:Eu^{2+}$ 、 $(Sr, Ca, Ba)_5(PO_4)_3Cl:Eu^{2+}$ 、 $BaMg_2Al_{16}O_{27}:Eu^{2+}$ 、 $(Ba, Ca)_5(PO_4)_3Cl:Eu^{2+}$ などを挙げることができる。

【0050】蛍光体層2中の黄色系蛍光体粒子4としては、製造の容易さや発光性能の良好さ(高輝度、高黄色純度)の点から、下記の化学式で表される化合物を主体にしてなる珪酸塩蛍光体が望ましい。

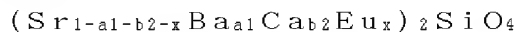
【0051】



ただし、a1、b1、xは、各々、 $0 \leq a1 \leq 0.3$ 、 $0 \leq b1 \leq 0.8$ 、 $0 < x < 1$ を満足する数値、好ましくは、 $0 < a1 \leq 0.2$ 、 $0 \leq b1 \leq 0.7$ 、 $0.005 \leq x \leq 0.1$ 、さらに好ましくは、 $0 < a1 \leq 0.15$ 、 $0 \leq b1 \leq 0.6$ 、 $0.01 \leq x \leq 0.05$ である。

【0052】このような黄色系蛍光体としては、下記の(1)または(2)に記載のいずれかの珪酸塩蛍光体がある。

(1) 斜方晶の結晶構造を有する、下記の組成の珪酸塩蛍光体



ただし、a1、b2、xは、各々、 $0 \leq a1 \leq 0.3$ 、 $0 \leq b2 \leq 0.6$ 、 $0 < x < 1$ 、好ましくは、各々、 $0 < a1 \leq 0.2$ 、 $0 \leq b2 \leq 0.4$ 、 $0.005 \leq x \leq 0.1$ 、さらに好ましくは、各々、 $0 < a1 \leq 0.15$ 、 $0 \leq b2 \leq 0.3$ 、 $0.01 \leq x \leq 0.05$ を満足する数値である。

(2) 単斜晶の結晶構造を有する、下記の組成の珪酸塩蛍光体

## 12

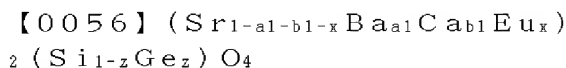


ただし、a2、b1、xは、各々、 $0 \leq a2 \leq 0.2$ 、 $0 \leq b1 \leq 0.8$ 、 $0 < x < 1$ 、好ましくは、各々、 $0 \leq a2 \leq 0.15$ 、 $0 < b1 \leq 0.7$ 、 $0.005 \leq x \leq 0.1$ 、さらに好ましくは、各々、 $0 \leq a2 \leq 0.1$ 、 $0 < b1 \leq 0.6$ 、 $0.01 \leq x \leq 0.05$ を満足する数値である。

【0053】a1、a2、b1、b2の数値が上記範囲内よりも小さい数値の組成では、珪酸塩蛍光体の結晶構造が不安定になりやすく、動作温度によって発光特性が変化する問題が生じる。一方、上記範囲内よりも大きい数値の組成では、発光が緑味を帯びたものとなり、良好な黄色系蛍光体にはならず、緑色系蛍光体となるために、青系の蛍光体と組み合わせても、高光束、白色系光を放つ半導体発光素子にはならない。また、Eu添加量xが上記範囲内よりも小さい数値の組成では発光強度が弱く、大きい数値の組成では、周囲温度の上昇とともに発光強度が低下する温度消光の問題が顕著に生じる。

【0054】本発明の半導体発光素子において用いる黄色系蛍光体としては、珪酸塩蛍光体が放つ黄色系光の色純度が優れる理由で、上記斜方晶の結晶構造を有する珪酸塩蛍光体を用いるのが好ましい。また、珪酸塩蛍光体の結晶構造を安定化したり、発光強度を高める目的で、Sr、Ba、Caの一部をMgやZnで置き換えることもできる。

【0055】さらに、珪酸塩蛍光体の発光色を制御する目的で、Siの一部をGeで置き換えることもできる。すなわち、黄色系蛍光体として下記の化学式で表される化合物を主体にしてなる珪酸塩蛍光体を用いることができる。



ただし、a1、b1、x、zは、各々、 $0 \leq a1 \leq 0.3$ 、 $0 \leq b1 \leq 0.8$ 、 $0 < x < 1$ 、 $0 \leq z < 1$ を満足する数値である。

【0057】上記珪酸塩蛍光体は、レーザー回折・散乱式粒度分布測定器(例えばLMS-30:株式会社セイシン企業製)による粒度分布評価で、中心粒径が $0.1 \mu m$ 以上 $100 \mu m$ 以下のものであれば足りるが、蛍光体の合成の容易さ、入手の容易さ、蛍光体層の形成の容易さなどの理由で、中心粒径が $1 \mu m$ 以上 $20 \mu m$ 以下が好ましく、 $2 \mu m$ 以上 $10 \mu m$ 以下がさらに好ましい。粒度分布については、 $0.01 \mu m$ 未満および $1000 \mu m$ を超える粒子を含まなければよいが、中心粒径と同じ理由で、 $1 \mu m$ 以上 $50 \mu m$ 以下の範囲内で正規分布に近似した分布を有する珪酸塩蛍光体が好ましい。

【0058】なお、上記の珪酸塩蛍光体は、例えば、前記文献(J. Electrochemical Soc. Vol. 115, No. 11 (1968) pp. 1181-1184)に記載の合成方法によって製造する

ことができる。

【0059】以下、上記珪酸塩蛍光体の特性をさらに具体的に説明する。

【0060】図4は、上記珪酸塩蛍光体の励起スペクトルおよび発光スペクトルの例を示す図である。同図には比較のために、従来のYAG系蛍光体の励起スペクトルおよび発光スペクトルの例もまとめて示している。

【0061】図4からわかるように、YAG系蛍光体が100nm～300nm付近、300nm～360nm付近、400nm～550nm付近の三カ所に励起帯を有し、これら各々の狭い波長範囲内の光を吸収して、550～580nmの黄緑～黄の波長領域に発光ピークを有する黄色系の蛍光を放つ蛍光体であるのに対して、本発明において使用する珪酸塩蛍光体は、250～300nm付近に励起ピークを有し、100～500nmの広い波長範囲内の光を吸収して、550～600nmの黄緑～黄～橙の波長領域に発光ピークを有する黄色系の蛍光を放つ黄色系蛍光体である。また、350nmを超え400nm未満の近紫外光の励起下では、YAG系蛍光体をはるかに凌ぐ高効率の蛍光体であることもわかる。特に、波長領域が370～390nmの近紫外光の励起下では、従来のYAG系蛍光体を実質的に発光しないのに対して、珪酸塩蛍光体は高効率の黄色系光を放つことがわかる。

【0062】したがって、上記珪酸塩蛍光体を黄色系蛍光体粒子4として蛍光体層2に含めることによって、蛍光体層2が近紫外光の励起下で強い黄色系光を発光成分として放つようになる。

【0063】なお、上記したa1、a2、b1、b2、x、zの数値範囲内の組成の珪酸塩蛍光体であれば、励起および発光スペクトルは、図4に例示した珪酸塩蛍光体のスペクトルに類似したものとなる。

【0064】また、上記の青色系蛍光体粒子3と黄色系蛍光体粒子4のほかに、白色系光の演色性を高めるために、下記の化学式で表される化合物を主体にしてなる酸硫化物蛍光体などの赤色系蛍光体粒子を配合してもよい。

【0065】 $(\text{Ln}_{1-x}\text{Eu}_x)\text{O}_2\text{S}$

ただし、Lnは、Sc、Y、La、Gdから選ばれる少なくとも一つの希土類元素、xは $0 < x < 1$ を満足する数値である。

【0066】(実施の形態2)以下、本発明の半導体発光装置の実施の形態を図面を用いて説明する。図5～図7は本発明に係る半導体発光装置の例を示す図である。

【0067】図5は本発明の半導体発光素子を用いたスタンド型の照明装置を示し、図6は本発明の半導体発光素子を用いた画像表示用の表示装置を示し、図7は本発明の半導体発光素子を用いた数字表示用の表示装置を示している。

【0068】図5ないし図7において、半導体発光素子

10は実施の形態1で説明した本発明の半導体発光素子である。

【0069】図5において、11は半導体発光素子10を点灯させるためのスイッチであり、スイッチ11をONすると、半導体発光素子10が通電して発光を放つようになる。

【0070】なお、図5の照明装置は好ましい一例として示したもので、本発明に係る半導体発光装置はこの実施形態に限定されるものではなく、本発明の半導体発光素子10のほかに例えば、青、緑、黄、赤などの光を放つLEDと組み合わせたものであってもよい。また、半導体発光素子10の発光色、大きさ、数、発光部分の形状なども特に限定されるものではない。

【0071】また、この例の照明装置において、好ましい色温度は2000K以上12000K以下、好ましくは3000K以上10000K以下、さらに好ましくは3500K以上8000K以下であるが、本発明に係る半導体発光装置としての照明装置は前記色温度に限定されるものではない。

【0072】図6と図7には、本発明に係る半導体発光装置としての表示装置の例として画像表示装置と数字表示装置を示したが、本発明に係る半導体発光装置はこれらに限定されるものではない。

【0073】半導体発光装置の一例としての表示装置は、上記照明装置の場合と同様に、実施の形態1で説明した半導体発光素子10を用いて構成しておればよく、また、半導体発光素子10以外の半導体発光素子、例えば、青、緑、黄、赤などの光を放つLEDと組み合わせてもよい。また、半導体発光素子10の発光色、大きさ、数、発光部分の形状や半導体発光素子の配置の仕方なども特に限定されるものではないし、外観形状も特に限定されるものではない。

【0074】画像表示装置としての寸法は幅1cm以上10cm以下、高さ1cm以上10cm以下、奥行き5mm以上5m以下の範囲で任意に製作することができ、この寸法に応じて半導体発光素子の個数を設定することができる。

【0075】図6に示す数字表示装置において、10が実施の形態1で説明した半導体発光素子である。この数字表示装置においても、画像表示装置の場合と同様に、半導体発光素子10の発光色、大きさ、数、画素の形状などは限定されるものではない。また、表示文字は数字に限定されるものではなく、漢字、カタカナ、アルファベット、ギリシア文字などであっても構わない。

【0076】なお、図5～図7に示したような半導体発光装置にあつては、一種類のLEDチップだけを用いた複数の半導体発光素子10を用いて構成した発光装置にすると、全く同じ駆動電圧や注入電流での各半導体発光素子の動作が可能になるとともに、周囲温度などの外部要因による発光素子の特性変動もほぼ同一にできるよ

うになり、電圧変化や温度変化に対する発光素子の発光強度や色調の変化率を少なくできるとともに、発光装置の回路構成をシンプルにできる。

【0077】また、画素面が平坦な半導体発光素子を用いて半導体発光装置を構成すると、表示面が平坦な表示装置や面発光する照明装置など、発光面の平坦な発光装置を提供でき、良好な画質を有する画像表示装置や、デザイン性に優れた照明装置を提供できる。

【0078】本発明に係る半導体発光装置は、実施の形態1に記載した、高光束の白色系光が得られる半導体発光素子を用いて発光装置を構成することによって、高光束の発光装置となる。

【0079】

【実施例】(実施例1) 青色系蛍光体を(M<sub>2</sub>1-xE<sub>u</sub>x)(M<sub>3</sub>1-y1M<sub>n</sub>y1)Al<sub>10</sub>O<sub>17</sub>(ただし、M<sub>2</sub>は、Ba、Sr、Caから選ばれる少なくとも一つのアルカリ土類金属元素、M<sub>3</sub>は、Mg、Znから選ばれる少なくとも一つの元素、x、y1は、各々、0<x<1、0≤y1<0.05を満足する数値である。)の化学式で表される、(Ba、Sr)MgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>アルミン酸塩青色蛍光体(M<sub>2</sub>=0.9Ba+0.1Sr、x=0.1、y=0.015)とし、黄色系蛍光体を(Sr<sub>1-a1-b1-x</sub>Ba<sub>a1</sub>Ca<sub>b1</sub>E<sub>u</sub>x)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>(ただし、a1、b1、xは、各々、0≤a1≤0.3、0≤b1≤0.8、0<x<1を満足する数値である。)の化学式で表され、斜方晶の結晶構造を有する、(Sr、Ba)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>珪酸塩黄色蛍光体(a1=0.1、b1=0、x=0.02)とし、この青色蛍光体と黄色蛍光体の混合重量割合を35:15、エポキシ樹脂と混合蛍光体との重量割合を120:50、蛍光体層の実質厚みを約600μmとして半導体発光素子(実施例1)を製作した。

【0080】半導体発光素子の構造は、図2に示したような、マウント・リードに設けたカップに近紫外LED\*

\*を導通搭載するとともに、カップ内に蛍光体粒子が内在するエポキシ樹脂で形成した蛍光体層を設けた構造の半導体発光素子とした。また、近紫外LEDは、窒化ガリウム系化合物半導体で構成した発光層を有し、波長380nmに発光ピークを有する、InGaN系の近紫外LEDとした。

【0081】この近紫外LEDからの波長380nmの近紫外光励起下での、青色系蛍光体の発光スペクトルを図8の(a)に、黄色系蛍光体の発光スペクトルを同図の(b)に示した。

【0082】比較のために、前記(Ba、Sr)MgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>アルミン酸塩青色蛍光体を青色系蛍光体、BaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>(Ba<sub>0.9</sub>Eu<sub>0.1</sub>Mg<sub>0.7</sub>Mn<sub>0.3</sub>Al<sub>10</sub>O<sub>17</sub>)アルミン酸塩緑色蛍光体を緑色系蛍光体、La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup>(La<sub>0.9</sub>Eu<sub>0.1</sub>O<sub>2</sub>S)酸硫化物赤色蛍光体を赤色系蛍光体とし、蛍光体層中に黄色系蛍光体を含まない、上記と同様の半導体発光素子(比較例1)を製作した。比較例1の半導体発光素子でのアルミン酸塩青色蛍光体、アルミン酸塩緑色蛍光体、酸硫化物赤色蛍光体の混合重量割合は7:13:40であり、エポキシ樹脂と混合蛍光体との重量割合と蛍光体層の実質厚みは実施例1の半導体発光素子と同じである。

【0083】上記半導体発光素子の近紫外LEDに10mAを通电して、近紫外LEDを動作させ、半導体発光素子からの白色系光のCIE色度図における(x、y)値、光束の相対値を、瞬間マルチ測光システム(MCPD-7000:大塚電子株式会社製)を用いて評価した。この結果を表1に示す。表1からわかるように、ほぼ同じ色度の白色系光のもとでは、本発明にかかる半導体発光素子(実施例1)の方が、高い光束(約3.7倍)が得られた。

【0084】

【表1】

	x	y	光束の相対値
実施例1	0.300	0.298	6413
比較例1	0.313	0.300	1744

【0085】

【発明の効果】本発明の半導体発光素子は、近紫外LEDと、この近紫外LEDが放つ350~410nm付近の近紫外光を吸収して400nm以上500nm未満の波長領域に発光ピークを有する青色系蛍光体と、前記近紫外光を吸収して550nm以上600nm未満の波長領域に発光ピークを有する黄色系蛍光体を含む蛍光体層とを組み合わせたことにより、高光束の白色系光を放つ半導体発光素子を得ることができる。特に黄色系蛍光体として珪酸塩蛍光体を用いることにより、YAG系蛍光体を用いた従来の半導体発光素子をはるかに凌ぐ高効率の半導体発光素子となる。

※【0086】また、本発明の発光装置は、近紫外光励起の下で効率良く発光する青色系蛍光体と黄色系蛍光体の2種類の蛍光体を含む蛍光体層を有し、高光束の前記半導体発光素子を用いて発光装置を構成することにより、高光束の白色系光を放つ発光装置とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態である半導体発光素子の縦断面図

【図2】本発明の実施形態である半導体発光素子の縦断面図

【図3】本発明の実施形態である半導体発光素子の縦断面図

【図4】珪酸塩蛍光体とYAG系蛍光体の発光および励起スペクトルの例を示す図

【図5】本発明の実施形態である発光装置の斜視図

【図6】本発明の実施形態である発光装置の斜視図

【図7】本発明の実施形態である発光装置の斜視図

【図8】(a)は、青色系蛍光体の発光スペクトルを示す図

(b)は、黄色系蛍光体の発光スペクトルを示す図

【符号の説明】

1 近紫外LED

2 蛍光体層

3 青色系蛍光体粒子

4 黄色系蛍光体粒子

5 サブマウント素子

6 リードフレーム

7 カップ

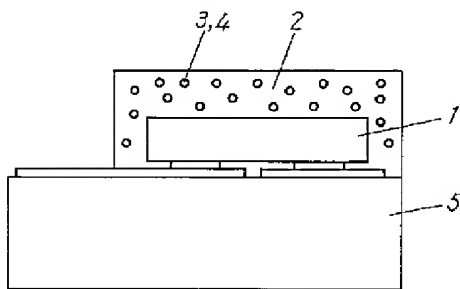
8 封止樹脂

9 筐体

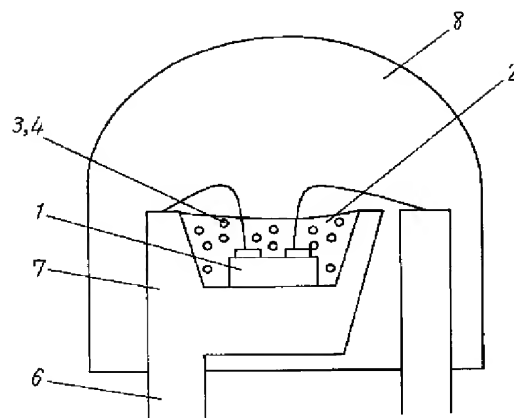
10 半導体発光素子

11 スイッチ

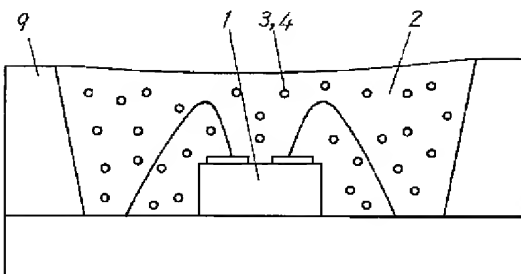
【図1】



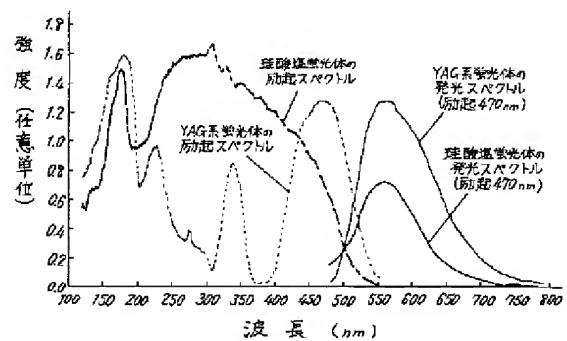
【図2】



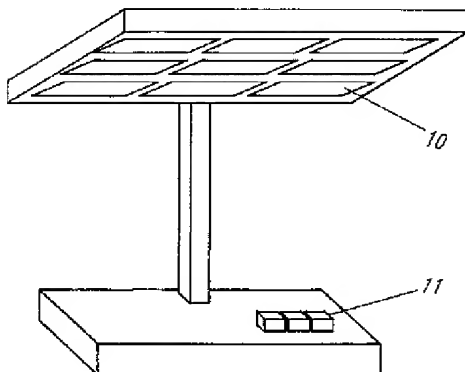
【図3】



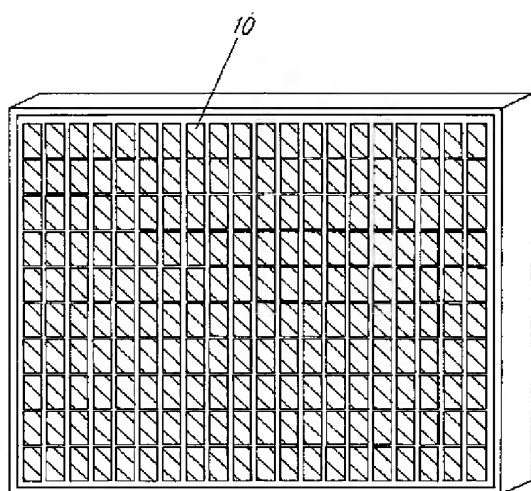
【図4】



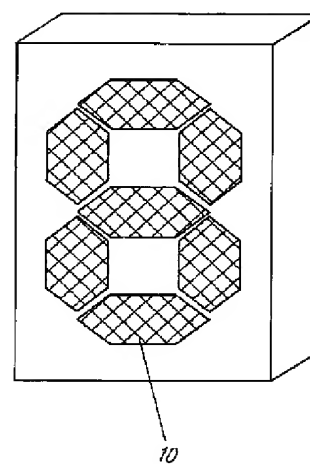
【図5】



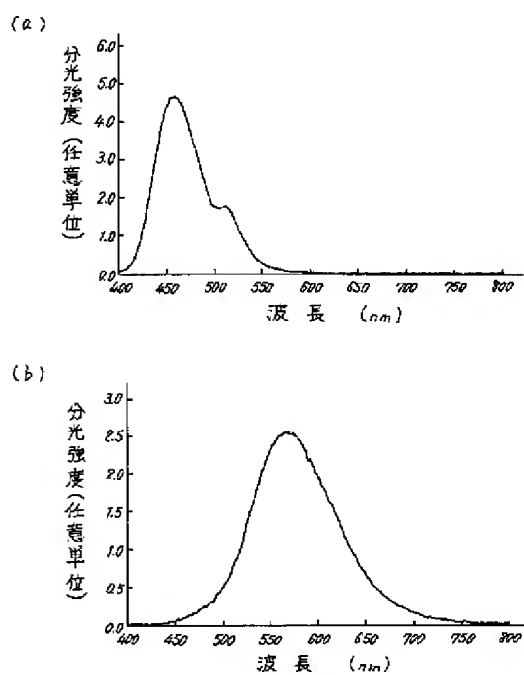
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

C09K 11/59  
11/64  
11/73

識別記号

CPX

FI

C09K 11/59  
11/64  
11/73

テーマコード(参考)

CPX

(72)発明者 岩間 克昭  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 北原 博実  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 池田 忠昭  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

F ターム(参考) 4H001 CA02 CA04 CA05 XA08 XA12  
XA14 XA15 XA17 XA20 XA30  
XA38 XA56 YA25 YA63  
5F041 AA11 CA34 CA40 DA18 DA19  
DA44 DA46 EE25